

Aus dem Anatomischen Institut
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. med. Dr. med. h. c. J. W. Rohen

Histometrische Untersuchungen über Lageveränderungen der Ora serrata bei verschiedenen Kontraktionszuständen des Ziliarmuskels im Primatenaugen

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von
Jan Maurer
aus München

1904

Aus dem Anatomischen Institut
der Universität Erlangen - Nürnberg
Direktor: Professor Dr. med. Dr. med. h. c. J. W. Rohen

Histometrische Untersuchungen über Lageveränderungen der Ora serrata bei verschiedenen Kontraktionszuständen des Ziliarmuskels im Primatenaugen

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen - Nürnberg

vorgelegt von
Jan Maurer
aus München

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen

Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg

Dekan: Prof. Dr. med. F. Wolf

Referent: Prof. Dr. med. E. Drecol1-Lütjen

Korreferent: Prof. Dr. med. Dr. med.h.c. J.W. Rohen

Tag der mündlichen Prüfung: 19.03.1984

Meinen Eltern



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546207_0085

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Einleitung	1
Material und Methode	6
Ergebnisse	11
I Allgemeines	11
II Gesamtfläche des M. ciliaris im Sagittalschnitt	12
III Prozentuale Anteile der verschiedenen Muskelportionen	14
IV Aufteilung der ausgewerteten Präparate	14
V Abstand Ora serrata - vorderer Ansatz des M. ciliaris	18
VI Darstellung der Unterschiede zwischen den Mittelwerten des Abstandes Ora serrata - vorderer Ansatzpunkt bei kontrahierten und relaxierten Mm. ciliares	20
VII Korrelation zwischen Fläche der zirkulären Muskelportion und Abstand der Ora serrata - vorderer Ansatzpunkt des M. ciliaris	22
VIII Darstellung der Unterschiede zwischen den Mittelwerten des Abstandes Ora serrata - vorderer Ansatzpunkt bei kontrahierten und relaxierten Mm. ciliares in den Gruppen der großen, mittleren und kleinen Ziliarmuskeln	24
IX Korrelation der Fläche der zirkulären Muskelportion mit dem Abstand Ora serrata - vorderer Ansatz des M. ciliaris innerhalb der Untergruppen der kontrahierten Ziliarmuskeln	25
Diskussion	34
Zusammenfassung	46
Literatur	47
Tabellarischer Anhang	56

E I N L E I T U N G

Entdeckt wurde der Ziliarmuskel etwa 1560 von Eustachius. In den Jahren 1611 und 1637 stellten Kepler und Descartes unabhängig voneinander fest, daß seine Funktion im Zusammenhang mit der akkommodativen Linsenveränderung stehen muß. Johannes Gottfried Zinn beschrieb dann 1755 eine aus der Glaskörperhaut hervorgehende, faserhaltige Membran, die von der Ora serrata bis zur Linse reicht und die er Zonula ciliaris nannte. Ihre funktionelle Bedeutung blieb zunächst noch unklar.

Die später von Brücke, Müller und Iwanoff beschriebenen und nach Ihnen benannten drei Abschnitte des Ziliarmuskels sind nach den Untersuchungen von Rohen (1951) als eine "systemartige Einheit", d.h. ein Raumbittergefüge mit außen längs- und innen quergestellten Gittermaschen aufzufassen, die sich durch Umlagerung auseinander entwickeln können. Lütjen beschrieb 1966 eine deutliche Vergrößerung des zirkulären Muskelanteils mit steigendem Kontraktionsgrad des Gesamtmuskels bei gleichzeitiger Verkleinerung der retikulären und longitudinalen Muskelanteile. Danach kann aus dem quantitativen Verhältnis der drei Muskelanteile zueinander auf den jeweiligen Kontraktionszustand des Ziliarmuskels geschlossen werden.

Die vordere Fixation des M. ciliaris liegt im Bereich des Skleralsporns bzw. am Übergang zum Trabekelwerk. Hinten ist der Ziliarmuskel an der elastischen Aderhautmembran, die einen Teil der Bruch'schen Membran bildet, befestigt.



Spätestens seit Helmholtz (1855) steht fest, daß der Ziliarmuskel zusammen mit dem Zonulaapparat und der Linse im Dienst der Akkommodation steht. Helmholtz schrieb, daß die Zonula als Ganzes erschlaffen kann, und zwar "durch die Tätigkeit des M. tensor chorioideae"- gemeint ist der longitudinale Anteil des M. ciliaris -, "indem dieser das hintere Ende des Ziliarkörpers, mit welchem die Zonula eng zusammenhängt, nach vorne zieht und der Linse nähert." Dadurch soll die Krümmung der Linsenoberfläche vor allem der Vorderfläche zunehmen. Darüber, ob diese Hypothese über die gewebsmechanischen Vorgänge bei der Akkommodation richtig ist, ist viel diskutiert worden. Vor allem Schoen (1886/87), Tscherning (1895), Stilling (1910), von Pflugck (1932-35) und Nikolai (1935) bestritten den Helmholtz'schen Akkommodationsmechanismus aufs Heftigste. Auf der anderen Seite fanden sich aber auch immer wieder Fürsprecher, die in ihren Arbeiten über die Akkommodation die Helmholtz'sche Theorie akzeptierten, zum Teil sogar neue Argumente lieferten und sie ergänzten. Hier sind vor allem Heine (1900), Heß (1910), Gullstrand (1909 und 1912), Salzmann (1900 und 1912) und Fincham (1937) zu nennen. Aber ob für oder gegen die Helmholtz'sche Akkommodationstheorie, ob Akkommodation mit erhöhtem Druck des Glaskörpers, mit seitlichem Druck der Ziliarfortsätze auf die Linse, mit Anspannen der Zonulafasern oder mit ihrem Erschlaffen verbunden ist, in einem Punkte stimmen alle diese Autoren überein: das hintere Ende des Ziliarkörpers mit den dort befestigten Zonulafasern soll sich bei der Akkommodation in Richtung Skleralsporn, also nach vorne bewegen.

Dies wurde jedoch von Hoquard 1889 bestritten, der die breitflächige Befestigung des Zonulaapparates am Ziliarkörper und an der Ora serrata dahingehend interpretierte, daß gerade dadurch bei der Akkommodation eine Verschiebung der hinteren Anteile des Corpus ciliare nach vorne vermieden werden solle, während sich die Processus ciliares auf die Linse zu bewegen und auf diese Weise zum Erschlaffen der vorderen Zonulaanteile führen sollen. Diese Theorie ist nicht in die Literatur eingegangen und später vergessen worden. Erst achzig Jahre später stellten Rohen und Rentsch (1969) auf Grund von rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen über den konstruktiven Bau des Zonula-Apparates beim Menschen erstmals eine neue Akkommodationstheorie zur Diskussion, in der auch davon ausgegangen wird, daß in der Gegend der Ora serrata während der Akkommodation keine größeren gewebsmechanischen Verschiebungen stattfinden. Danach treten bei der Akkommodation "stärkere räumliche Verlagerungen des Ziliarepithels nur im vorderen Abschnitt des Ziliarkörpers auf, " und die Zonula entspannt sich nur in ihrem vorderen Teil, während im hinteren Bereich durch Kontraktion des M. ciliaris nur " eine Anspannung der elastischen Komponente der Bruch'schen Membran erreicht wird, nicht aber eine nennenswerte Verlagerung der hinteren Zonulaurprünge nach vorne."

Im Gegensatz dazu stehen allerdings klinische Beobachtungen. Schon Iwanoff (1875) und Schoen (1895) berichteten über bestimmte Erkrankungen der Ora serrata und der peripheren Abschnitte der Netzhaut, wie z.B. die "blasigen Hohlräume im Orbiculus ciliaris und

in der Retina, welche mit seröser Flüssigkeit gefüllt sind". Zunächst wurden diese Hohlräume als Alterserscheinungen interpretiert; aber weil sie auch an Augen jüngerer Individuen, die an Krankheiten mit akkommodativer Überanstrengung wie Hyperopie, Presbyopie und Astigmatismus leiden, zu beobachten sind, sah Schoen einen Zusammenhang zwischen diesen Vesikeln und dem Zug der Zonula nach vorne, der auf die Ora serrata während der Akkommodation ausgeübt werden soll. Mit diesem Problem hat sich auch Thiel (1956) auseinandergesetzt. Er stellte fest, daß es zwei Arten von Hohlraumbildungen in der Nähe der Ora serrata gibt. Einmal die cystoide Degeneration, die zuerst in der äußeren plexiformen Schicht der Retina zu beobachten ist und auf eine Vita minima infolge Minderdurchblutung der peripheren Netzhautanteile zurückgeführt wird. Zum zweiten beschrieb er die "Wabenora" als Hohlraumbildung in der Nervenfaserganglienzellschicht der Retina, die auf Belastungen beruhe, denen die Ora serrata bei der Akkommodation täglich vielfach ausgesetzt sei: "Wie bekannt entspringt das Ende der meridionalen Fasern des M. ciliaris hinter der Ora serrata, während die orbiculo-posterioren Fasern der Zonula Zinnii an der Ora serrata inserieren. Die ersten Fasern bewegen während der Akkommodation die Netz- und Aderhaut nach vorne, gleichzeitig werden aber auch die orbiculo-posterioren Fasern der Zonula entspannt, ein Vorgang, welcher sich in der Folge auf die Ora überträgt." Die "blasigen Hohlräume" von Iwanoff und Schoen werden heute als mikrocystoide Degeneration der Netzhaut bezeichnet. " Ihre Ätiologie ist unbekannt; es wird spekuliert, daß ein bei der Akkommodation auf die Ora serrata wirkender Zug dafür verantwortlich sei." (Naumann, 1980).

Ein Zug nach vorne an der Retina über die Ora serrata hinaus könnte auch (über mikrocystoide Degeneration) schließlich zu einer Netzhautablösung führen, jedenfalls ist schon Albrecht von Graefe (1855) aufgefallen, daß Netzhautablösungen häufige Komplikationen bei Myopen sind. Auch die langfristige Verabreichung von starken Miotika, die ja immer auch zu Ziliarmuskelkontraktionen führen, sollen überzufällig häufig durch Netzhautablösungen kompliziert sein (Duke-Elder, 1967).

Wie die vorliegende Literaturübersicht zeigt, ist die Frage nach möglichen Veränderungen bei der Akkommodation im Bereich der Pars plana und des Orbiculis ciliaris immer noch nicht befriedigend gelöst. Die vorliegende Arbeit sucht durch die morphometrische Analyse einer größeren Anzahl von Schnitten von Affen Augen, deren Ziliarmuskel verschiedene Stadien der Kontraktion aufwiesen, einer Lösung dieser Frage näher zu kommen.

M A T E R I A L U N D M E T H O D E

Für die vorliegenden Untersuchungen wurden Schnittserien von 50 Affen Augen morphometrisch ausgewertet. Bei den untersuchten Augen handelt es sich um Bulbi von Meerkatzen (*Cercopithecus aethiops*) (Nr. 1-10 und Nr. 22-50) und *Aotes trivirgatus* (Nr. 11-21). Einem Teil der Tiere, bei dem die Bulbi enukleiert worden sind, waren die Parasympathicomimetika Pilocarpin, Eserin oder Neostigmin in unterschiedlichen Dosen und über verschieden lange Zeiträume in vivo gegeben worden. Einige Tiere sind vorher auch mit Ganglienblockern (meist Hexamethonium) und danach mit Atropin behandelt worden.

Nach der Enukleation wurde bei den Bulbi der zentrale Teil der Hornhaut entfernt, im hinteren Bulbusbereich wurde die Sklera an einigen Stellen spaltförmig gefenstert, um das Eindringen der Fixationslösungen zu erleichtern. Nach etwa einwöchiger Vorfixation in gepufferter 10 %-iger Formalinlösung wurde bei 31 der Bulbi (Nr. 1-21 u. 27-36) der hintere Bulbusteil abgetrennt und der vordere in Sektoren zerteilt. Die Sektoren wurden dann in üblicher Weise in Paraffin bzw. Paraplast eingebettet. 19 Bulbi (Nr. 22-26 u. 37-50) wurden in sagittaler Richtung halbiert, dann fixiert und nach Paraffineinbettung im ganzen geschnitten. 10-12 μ m dicke Schnitte wurden dann mit Weigert'schem Hämalan, HE, Azan oder PAS gefärbt. Bei den 50 für die Morphometrie ausge-

wählten Präparaten war das vordere Bulbussegment - sofern es sich nicht sowieso um Anschnitte des ganzen Bulbus handelte - mindestens von der Iriswurzel bis zur Ora serrata erhalten und die Schnitte genau sagittal orientiert, was sich leicht daran erkennen läßt, daß die longitudinalen Abschnitte des Ziliarmuskels exakt in der Längsrichtung getroffen sind und das Ziliarepithel keine schrägen Anschnitte der Zellen zeigt.

Durch die oben beschriebene Applikation von Pharmaka wurde erreicht, daß der Ziliarmuskel in verschiedenen Funktionszuständen fixiert werden konnte. Um diese Funktionsunterschiede quantitativ zu erfassen, wurden die Schnitte mit einem Mikroskop der Firma Wild mit Zeichenaufsatz in folgender Weise analysiert. Zunächst wurden die Umrisse des Ziliarmuskels sowie des Ziliarepithels und der Uvea von der Kammerwinkelregion bis zur Ora serrata auf einem Karton genau nachgezeichnet. Für diese Umrißzeichnungen wurde eine 74-fache Vergrößerung gewählt. Danach mußten die Grenzen der zirkulären, retikulären und longitudinalen Muskelanteile bestimmt werden. Dazu war es fast immer notwendig, eine stärkere Vergrößerung zu verwenden, vor allem um zirkuläre und retikuläre Muskelabschnitte voneinander abzugrenzen. Die bei stärkerer Vergrößerung bestimmten Grenzlinien wurden dann in die bei 74-facher Vergrößerung angelegte Umrißzeichnung eingetragen.

Als longitudinal wurden diejenigen Muskelanteile bezeichnet, die ausschließlich längsgetroffene Muskelfasern enthalten; als zirkulär diejenigen, die nur noch quergeschnittene Muskelfasern zeigen, als retikulär wurden diejenigen Muskelpartien angesehen, in denen die Fasern entweder schräg getroffen sind, oder in denen quer getroffene Fasern mit längs oder schräg getroffenen gemischt vorkommen. Eine Unterscheidung in retikuläre Portion mit und ohne zirkulären Anteil wie in der Arbeit von Lütjen (1966) wurde also nicht vorgenommen.

Die so angefertigten Zeichnungen wurden dann einer "quantitativen Bildanalyse" mit dem MOP/AM 01 unterzogen. Bei den Messungen wurde ein Auswertetablett und ein Abtaster mit Leuchtdiode verwendet. Damit können einerseits Flächen- und andererseits Längswerte bestimmt werden. Das Auflösungsvermögen dabei beträgt 0,2 mm. Im einzelnen wurden folgende Meßwerte ermittelt:

1. die Gesamtmuskelfläche
2. die Fläche der longitudinalen Muskelportion
3. die Fläche der retikulären Muskelportion
4. die Fläche der zirkulären Muskelportion
5. der Abstand zwischen Ora serrata und vorderem Ansatzpunkt des M. ciliaris

Unter dem Abstand Ora serrata - vorderer Ansatzpunkt des M. ciliaris verstehen wir die an der Außenkante des M. ciliaris gemessene Entfernung zwischen Ora serrata und Skleralsporn.

Als relaxiert werden Ziliarmuskeln betrachtet, die nur eine longitudinale und retikuläre Portion aufweisen; als kontrahiert diejenigen, bei denen zusätzlich noch eine zirkuläre Portion zu erkennen ist.

Statistische Auswertung

Aus den absoluten Flächenangaben in mm^2 für longitudinale, retikuläre und zirkuläre Muskelportionen wurden jeweils die prozentualen Anteile an der Gesamtmuskelfläche errechnet.

Um die gemessenen Werte für die Abstände Ora serrata - vorderer Muskelansatz untereinander vergleichen zu können, wurden - unter der Annahme, daß die Gesamtmuskelfläche proportional zur individuellen Bulbusgröße ist - mit Hilfe der Gesamtmuskelfläche drei Gruppen von Ziliarmuskeln gebildet, eine mit kleiner ($3000 - 5000 \text{ mm}^2$) eine mit mittlerer ($5000 - 7000 \text{ mm}^2$) und eine mit großer ($> 7000 \text{ mm}^2$) Gesamtfläche. Innerhalb dieser drei Gruppen wurden dann anhand der Unterscheidung zwischen kontrahierten und relaxierten Mm. ciliaris jeweils zwei Untergruppen gebildet. In jeder Untergruppe wurde dann der arithmetrische Mittelwert des Abstandes Ora serrata-vorderer Ansatz des Ziliarmuskels berechnet. Dies ermöglichte in jeder Gruppe den Vergleich dieser Mittelwerte zwischen der Untergruppe der relaxierten und der der kontrahierten Ziliarmuskeln.

Für die oben aufgeführten Meßwerte wurde jeweils der arithmetische Mittelwert, die Standardabweichung und der Variabilitätskoeffizient berechnet, sowie auch ein Histogramm angefertigt.

Für den Abstand der Ora serrata vom vorderen Ansatz des Ziliarmuskels wurden diese Parameter für relaxierte und kontrahierte Muskeln auch noch getrennt berechnet.

Außerdem wurde noch die Korrelation zwischen der Größe dieses Abstandes und der Größe des zirkulären Muskelanteils ermittelt, und zwar einmal für alle kontrahierten Muskel zusammen und dann wieder jeweils für die kontrahierten Ziliarmuskeln einer Gruppe.

ERGEBNISSE

I. Allgemeines

Die Meßwerte und die daraus errechneten Werte wurden in Tabellen zusammengefaßt (s. Tab. I-III im Anhang). Den Tabellen liegen die Werte über die Gesamtfläche der Mm. ciliares zugrunde, wobei in der Spalte a) die kontrahierten und in Spalte b) die nicht kontrahierten Ziliarmuskel aufgeführt sind.

Es ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen Augen, bei denen vor der Fixation der hintere Teil des Bulbus entfernt und der vordere Teil in Sektoren zerlegt worden war, gegenüber solchen, bei denen der Bulbus als Ganzes fixiert und dann erst in sagittaler Richtung halbiert und geschnitten worden war. Daher bestand keine Notwendigkeit, diese beiden Gruppen getrennt auszuwerten.

II. Gesamtfläche des M. ciliaris im Sagittalschnitt

Bei der Bestimmung der Ziliarmuskelfläche anhand von Sagittalschnitten traten bei der gewählten 74-fachen Vergrößerung Flächen zwischen 3285 mm^2 und 9049 mm^2 auf. Die Werte folgen in etwa einer Gauß'schen Normalverteilung (Abb. 1). Der arithmetische Mittelwert fiel mit $5802 \text{ mm}^2 \pm 239 \text{ mm}^2$ in akzeptable Nähe des Medians von 6167 mm^2 . Ohne Berücksichtigung der Vergrößerung beträgt die mittlere Fläche des M. ciliares $1,06 \pm 0,04 \text{ mm}^2$. Bei den Bulbi von Aotes lag die durchschnittliche Gesamtfläche mit $0,88 \pm 0,03 \text{ mm}^2$ etwas niedriger.

Histogramm der Muskelflächen bei 74-facher Vergrößerung

Anzahl

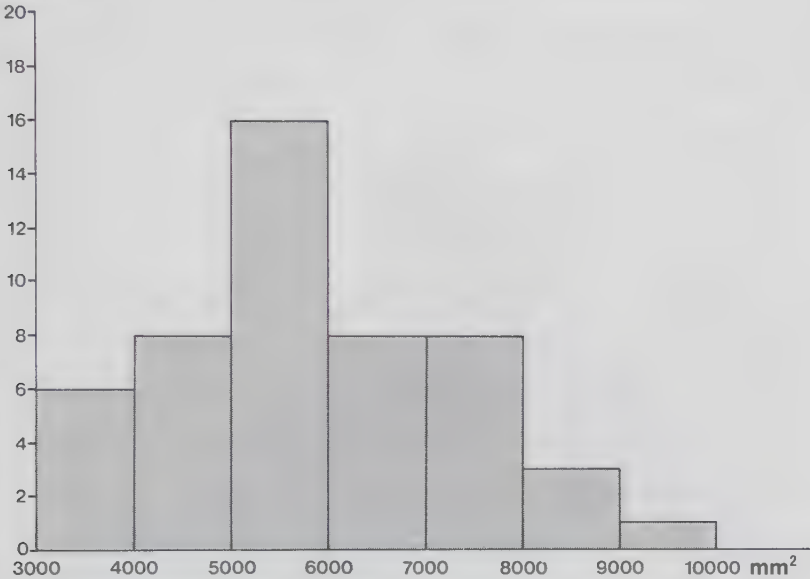


Abb. 1

Arithmetischer Mittelwert: $5802,4 \text{ mm}^2 \pm 239,7 \text{ mm}^2$

Standardabweichung: $1404,0 \text{ mm}^2$

Variabilitätskoeffizient: $24,2\%$

Die mittlere Fläche des *m. ciliaris* ohne Berücksichtigung der Vergrößerung beträgt $1,06 \text{ mm}^2 \pm 0,04 \text{ mm}^2$.

III. Prozentuale Anteile der verschiedenen Muskelportionen

Für die prozentualen Anteile der verschiedenen Muskelportionen, die ja wie oben angeführt errechnet werden mußten, um ein Kriterium für den Funktionszustand des *M. ciliaris* zu haben, ergaben sich folgende mittlere Werte:

longitudinal: 50,1 % $\pm$ 1,7 % (Abb. 2)

retikulär: 43,0 % $\pm$ 1,9 % (Abb. 3)

zirkulär: 10,5 % $\pm$ 1,3 % (Abb. 4)

Für den Durchschnitt der zirkulären Portion sind nur *Mm. ciliares* berücksichtigt, bei denen auch ein zirkulärer Anteil ausgebildet ist ($n = 31$). Für die Augen von *Aotes trivirgatus* waren hier auch leichte, aber nicht signifikante Unterschiede festzustellen, insofern als der Durchschnitt für die zirkuläre Portion mit 4,1 % deutlich kleiner ist als der für das gesamte Untersuchungsmaterial, während longitudinale und retikuläre Muskelportion jeweils etwas größer sind.

IV. Aufteilung der ausgewerteten Präparate

Insgesamt konnten 31 *Mm. ciliares* als "kontrahiert" bezeichnet werden, davon 9 in der Gruppe mit großer Gesamtfläche des *M. ciliaris*, 16 in der mit mittlerer und 6 in der mit kleiner Gesamtfläche. Von den restlichen 19, auf Grund des Fehlens einer zirkulären Portion als nicht kontrahiert aufgeführten *Mm. ciliares*, waren nach der Gesamtfläche 3 der Gruppe mit großer, 8 derjenigen mit mittlerer und 8 derjenigen mit kleiner Gesamtmuskelfläche zuzuordnen (Tab. I-III).

Histogramm der longitudinalen Muskelanteile in % der Gesamtfläche

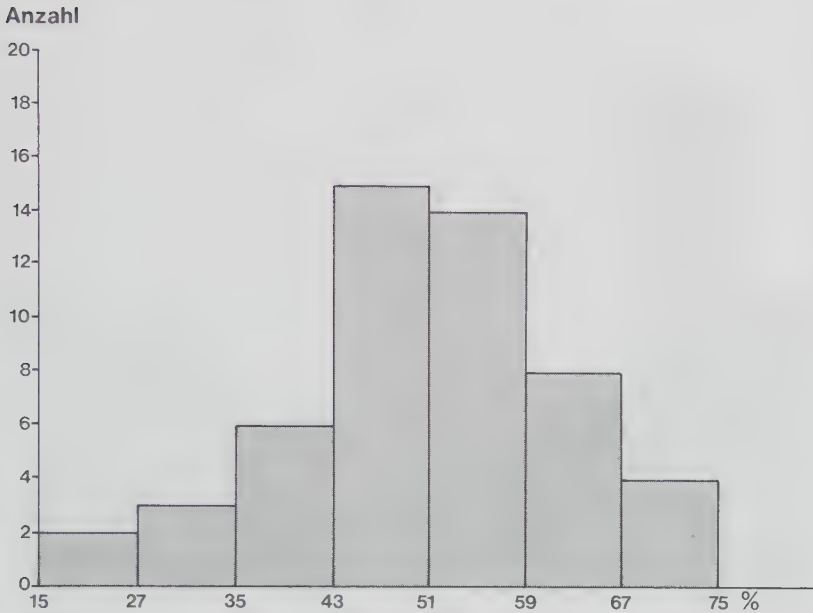


Abb. 2

Arithmetischer Mittelwert: 50,14 % $\pm$ 1,7 %

Standardabweichung: 12,31 %

Variabilitätskoeffizient: 24,55 %

Histogramm der retikulären Muskelanteile in % der Gesamtfläche

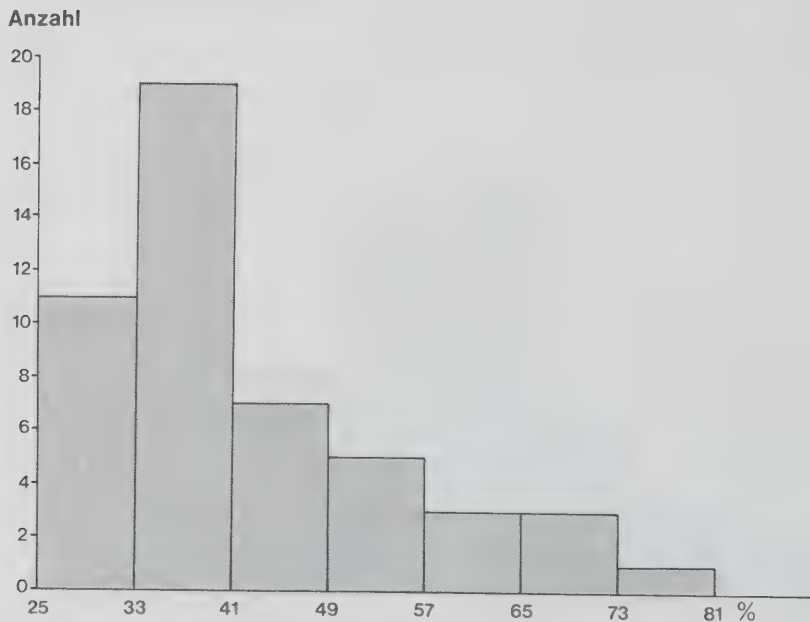


Abb. 3

Arithmetischer Mittelwert: $43\% \pm 1,9\%$

Standardabweichung: $12,4\%$

Variabilitätskoeffizient: $28,9\%$

Präparat Nr. 5 ist hierbei nicht berücksichtigt.

Histogramm der circulären Muskelanteile in % der Gesamtfläche

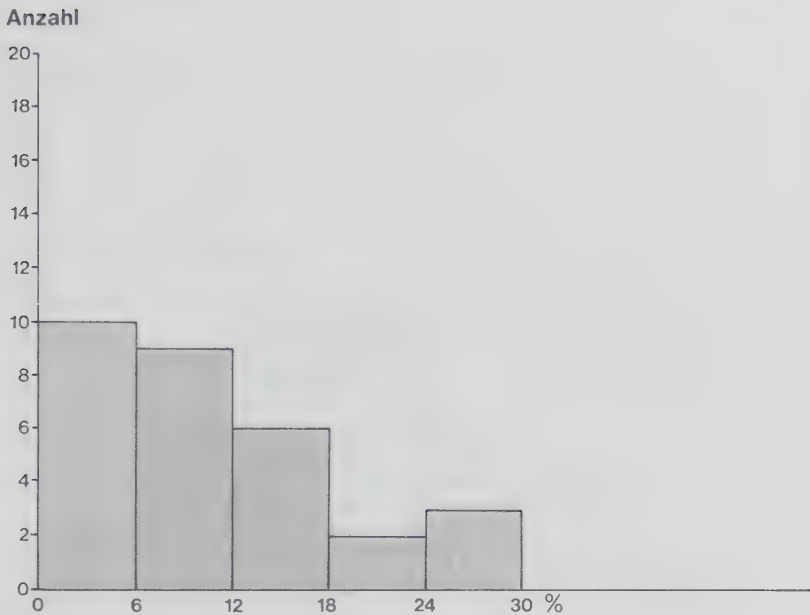


Abb. 4

Arithmetischer Mittelwert: $10,5\% \pm 1,3\%$

Standardabweichung: $7,3\%$

Variabilitätskoeffizient: $69,2\%$

Die Präparate, bei denen kein circulärer Anteil des m. ciliaris vorhanden ist, sind hier nicht berücksichtigt.

V. Abstand Ora serrata-vorderer Ansatzpunkt des M. ciliaris

Die Messung der Abstände: Ora serrata-vorderer Ansatzpunkt des M. ciliaris ergab Werte zwischen 2,17 und 6,23 mm. Auch hier liegt in etwa eine Gauß'sche Normalverteilung vor. Der arithmetische Mittelwert liegt bei $4,0 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$, der Median bei 4,1 mm (Abb. 5). Für die Aotes-Bulbi ergab sich hier ein Wert von 4,7 mm, was beim Nichtvorhandensein bzw. der Kleinheit der zirkulären Portion aber durchaus verständlich ist.

Histogramm der Abstände ora serrata – vorderer Ansatzpunkt

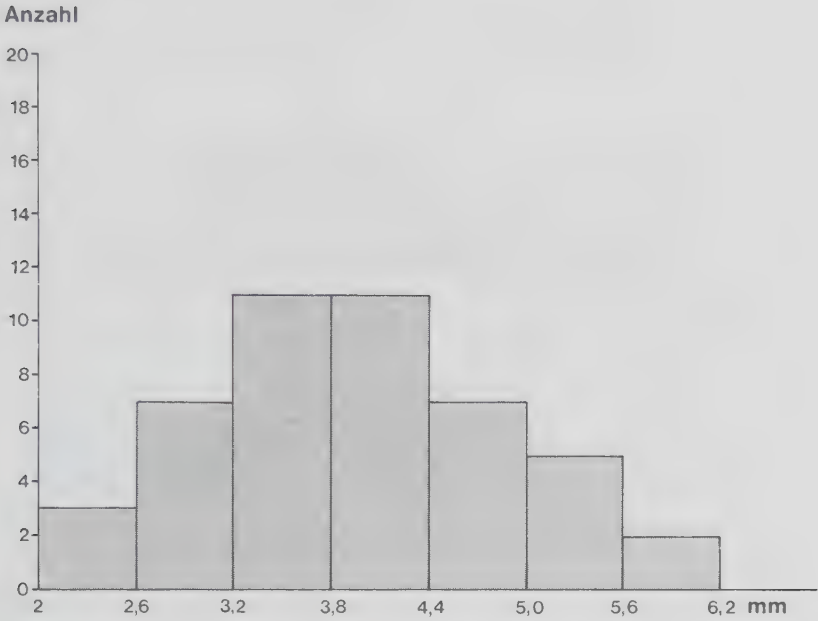


Abb. 5

Arithmetischer Mittelwert: $4,0 \pm 0,1 \text{ mm}$

Standardabweichung: 0,92 mm

Variabilitätskoeffizient: 22,9%

VI. Darstellung der Unterschiede zwischen den Mittelwerten
des Abstandes Ora serrata-vorderer Ansatzpunkt bei kon-
trahierten und relaxierten Mn. ciliares

Errechnet man für Muskeln mit und ohne zirkulärem Anteil, d.h. für kontrahierte und relaxierte Mn. ciliares jeweils den Mittelwert der Abstände Ora serrata-vorderer Ansatzpunkt, so erhält man für nicht kontrahierte Muskeln einen mittleren Abstand von $4,45 \text{ mm} \pm 0,13 \text{ mm}$ und für kontrahierte einen mittleren Abstand von $3,66 \text{ mm} \pm 0,17 \text{ mm}$ (Abb. 6a,b). Die Differenz beträgt also $0,79 \text{ mm}$. Der Unterschied zwischen diesen beiden Mittelwerten ist bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1% signifikant.

Histogramm der Abstände ora serrata - vorderer Ansatzpunkt

a) für Muskeln ohne circulären Anteil
(n = 19)

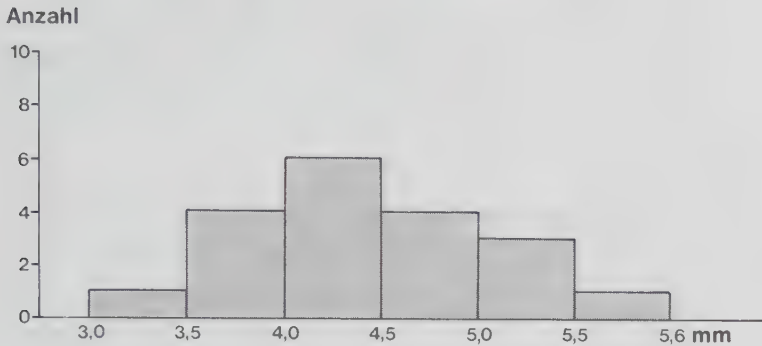


Abb. 6a

Arithmetischer Mittelwert: 4,45 mm $\pm$

Standardabweichung: 0,6 mm

Variabilitätskoeffizient: 13,4 %

b) für Muskeln mit circulärem Anteil
(n = 31)

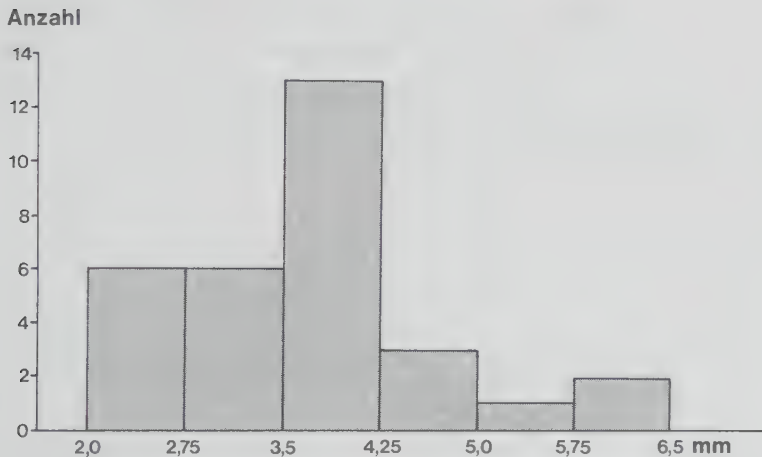


Abb. 6b

Arithmetischer Mittelwert: 3,66 mm

Standardabweichung: 0,9 mm

Variabilitätskoeffizient: 26,44 %

VII. Korrelation zwischen Fläche der zirkulären Muskelportion und Abstand der Ora serrata-vorderer Ansatzpunkt des M. ciliaris

Der Korrelationsfaktor für die Fläche des zirkulären Muskelanteils (in Prozent) und den Abstand der Ora serrata vom vorderen Ansatzpunkt des M. ciliaris beträgt - 0,64 ohne Berücksichtigung der Muskeln, die keinen zirkulären Anteil aufweisen. Das bedeutet, daß kein gesetzmäßiger mathematischer Zusammenhang zwischen der Größe der zirkulären Muskelportion und dem Abstand Ora serrata-vorderer Ansatzpunkt besteht, daß aber dennoch eine Abhängigkeit der beiden Variablen voneinander vorhanden ist, und zwar in der Weise, daß bei großer zirkulärer Muskelportion ein relativ kleiner Abstand der Ora serrata vom Skleralsporn zu erwarten ist. Das Korrelationsdiagramm dieser beiden Größen ist in Abb. 7a wiedergegeben.

Korrelation von Abstand ora serrata – vorderer Ansatzpunkt und Anteil der circulären Muskelportion

Abstand ora serrata
vorderer Ansatz
in mm

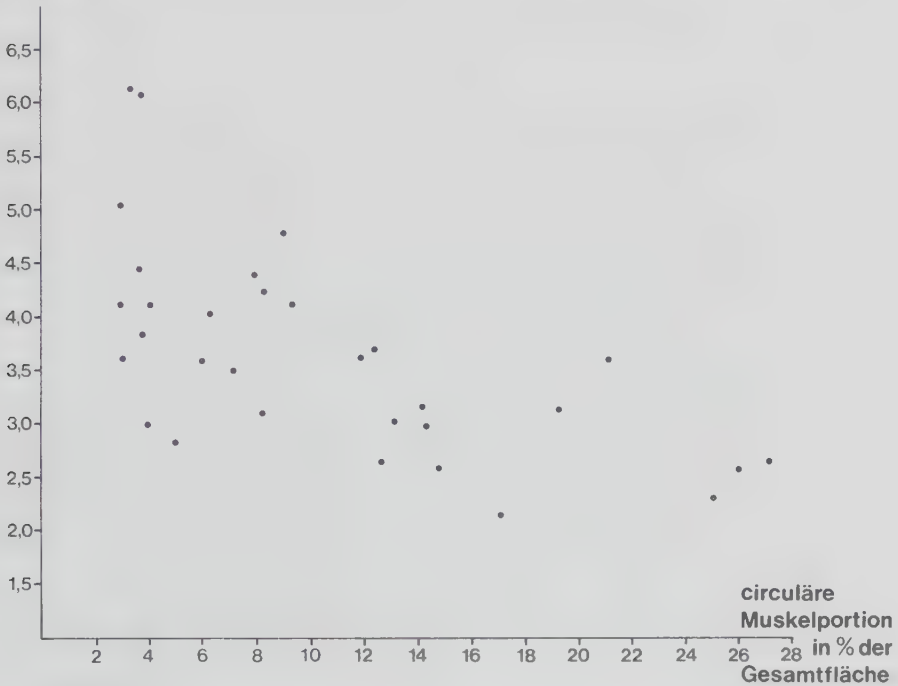


Abb. 7a

Korrelationsfaktor: - 0,64

VIII. Darstellung der Unterschiede zwischen den Mittelwerten
des Abstandes Ora serrata-vorderer Ansatzpunkt für kontra-
hierte und relaxierte Mm. ciliares in den Gruppen der großen,
mittleren und kleinen Ziliarmuskeln

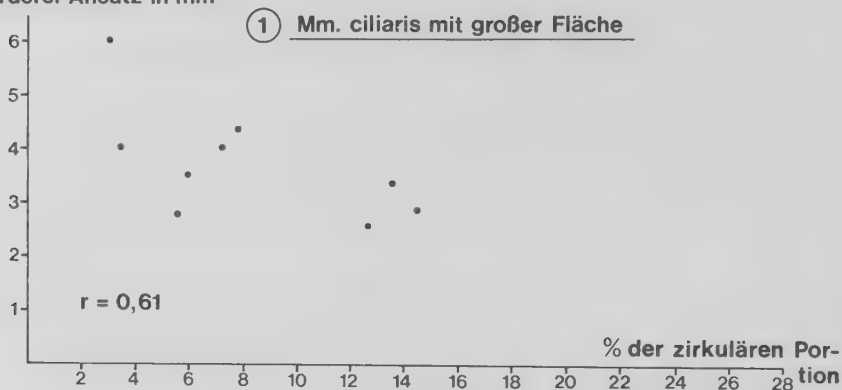
Unterteilt man, wie oben beschrieben, kontrahierte und relaxierte Muskeln noch einmal nach der Gesamtfläche in 3 Gruppen (groß, mittel, klein) und errechnet dann jeweils für jede Untergruppe den Mittelwert der Abstände Ora serrata-vorderer Ansatzpunkt, so stellt man fest, daß bei einem Vergleich der kontrahierten und nicht kontrahierten Muskeln jeweils einer Gruppe auch deutliche Unterschiede zwischen diesen Mittelwerten bestehen. Die Differenz der Mittelwerte für kontrahierte und relaxierte Mm. ciliares beträgt in der Gruppe mit großer Gesamtfläche im Durchschnitt 1,1 mm, in der Gruppe mit mittlerer Gesamtfläche 0,87 mm und in der mit kleiner Gesamtfläche 0,43 mm (s. Tab. IV, V, VI).

IX. Korrelation der Fläche der zirkulären Muskelportion mit dem Abstand Ora serrata-vorderer Ansatzpunkt des M. ciliaris innerhalb der Untergruppen der kontrahierten Ziliarmuskeln

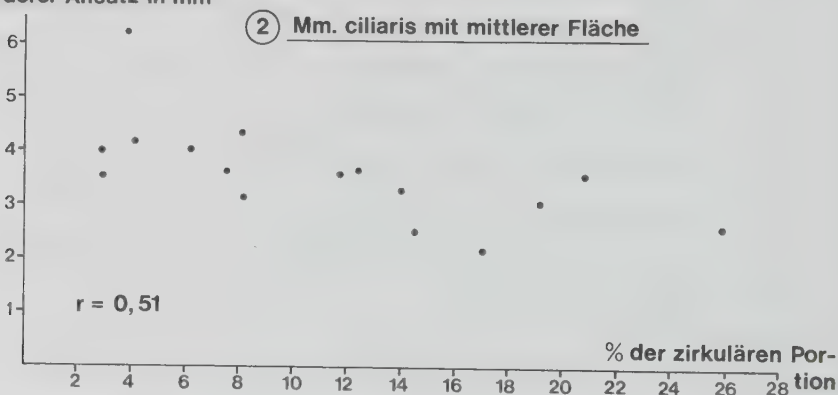
In der Gruppe der großen kontrahierten Ziliarmuskeln ($n = 9$) ergab sich für den Abstand der Ora serrata vom vorderen Ziliarmuskelansatz und den Anteil der zirkulären Muskelportion an der Gesamtmuskelfläche ein Korrelationsfaktor von $-0,61$; für die Gruppe der Ziliarmuskeln mit mittelgroßer Gesamtläche ($n = 16$) betrug dieser Faktor $-0,51$ und für die Gruppe der kleinen kontrahierten Ziliarmuskeln ($n = 6$) lag er bei $0,91$. Wegen der vor allem in der letztgenannten Gruppe geringen Zahl der Fälle sind diese Einzelwerte nur unter Vorbehalt zu verwenden, für die beiden erstgenannten Gruppen liegt der gefundene Korrelationskoeffizient trotzdem im Bereich des für alle kontrahierten *Mm. ciliares* gefundenen Korrelationskoeffizienten von $-0,64$. Die Korrelationsdiagramme der einzelnen Gruppen sind in Abb. 7b dargestellt.

Korrelation von Abstand ora serrata—vorderer Ansatzpunkt und Anteil der zirkulären Muskelportion nach Gruppen aufgeteilt

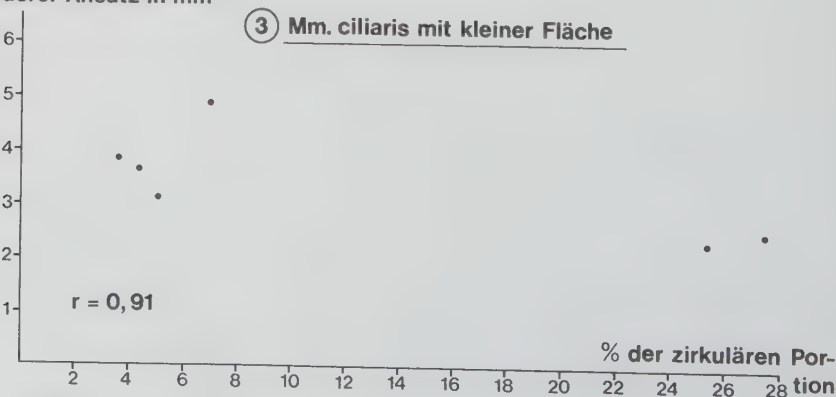
Abstand ora serrata –
vorderer Ansatz in mm



Abstand ora serrata –
vorderer Ansatz in mm



Abstand ora serrata –
vorderer Ansatz in mm



Die folgenden Abbildungen 8 - 13 zeigen aus jeder Gruppe beispielhaft je ein Präparat mit kontrahiertem und eines mit relaxiertem Ziliarmuskel.



Abb. 8: Großer *M. ciliaris*, relaxiert, Abstand Ora serrata - vorderer Ansatzpunkt : 4,84 mm.
(Vergr.: 44,8 x)

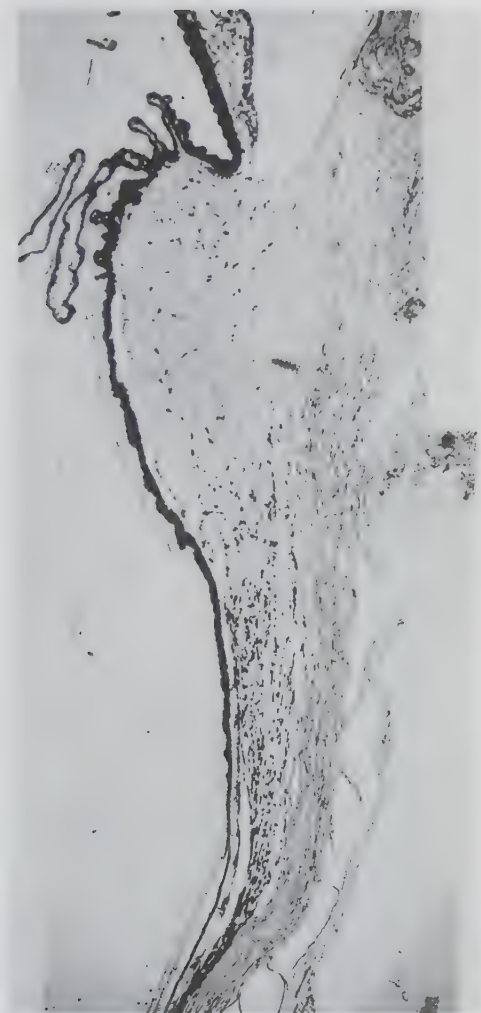


Abb. 9: Großer M. ciliaris, kontrahiert, zirkuläre
Portion: 6%, Abstand Ora serrata - vorderer
Ansatz: 2,81 mm. (Vergr.:44,8 x)

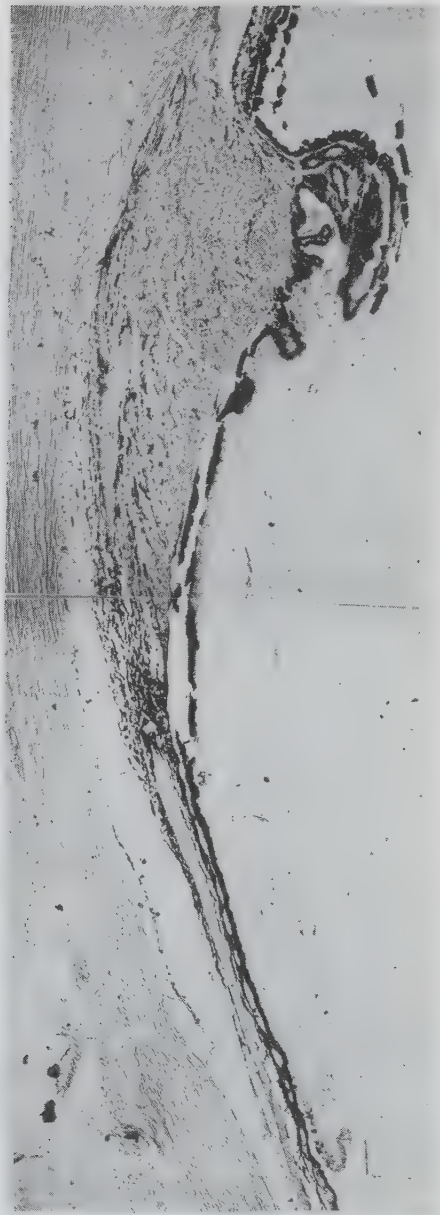


Abb.10: Mittelgroßer M.ciliaris, relaxiert,
Abstand Ora serrata - vorderer Ansatz:
4,3 mm Vergr.: 44,8 x)

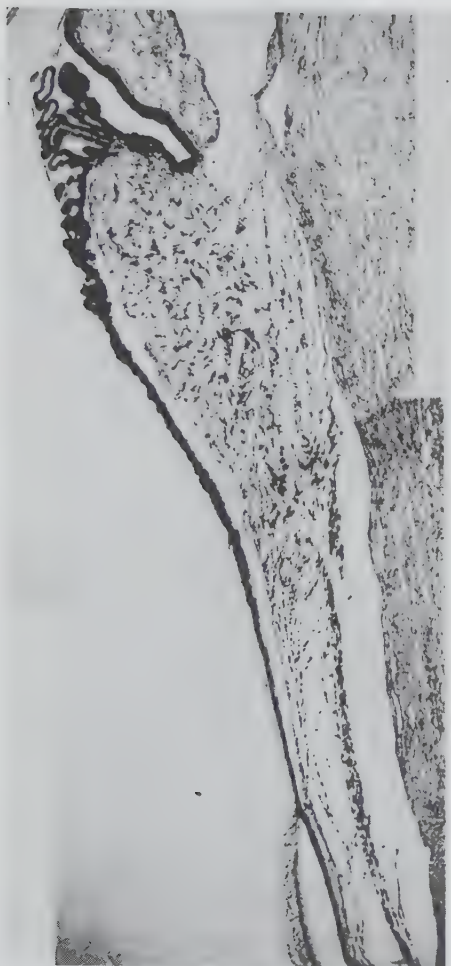


Abb. 11: Mittelgroßer M. ciliaris, kontrahiert, zirkuläre Portion : 26%,
Abstand Ora serrata - vorderer Ansatz: 2,58 mm (Vergr.: 44,8 x)



Abb. 12: Kleiner M. ciliaris, relaxiert, Abstand
Ora serrata - vorderer Ansatz: 3,42 mm
(Vergr.: 44,8 x)

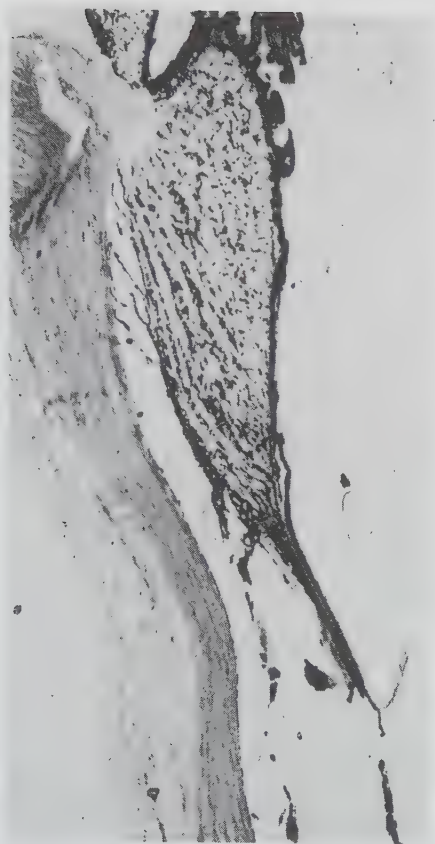


Abb.13: Kleiner M. ciliaris, kontrahiert, zirkuläre
Portion: 27,4%, Abstand Ora serrata - vorderer
Ansatz: 2,64 mm (Vergr.: 44,8 x)

D I S K U S S I O N

Die ermittelten Ergebnisse über die prozentualen Anteile an der Gesamtmuskelfläche longitudinaler, retikulärer und zirkulärer Muskelfractionen sind den von Lütjen (1966) gefundenen Verhältnissen vergleichbar. Die longitudinale Fraktion wurde dort mit einem Anteil zwischen 27 und 74% bestimmt, was mit den Werten 16 - 74% der vorliegenden Arbeit gut übereinstimmt. Sofern eine rein zirkuläre Muskelportion anzutreffen war, betrug deren Anteil an der Gesamtmuskelfläche bei den Untersuchungen von Lütjen 3 - 25%. Die von uns festgestellten Anteile dieser Muskelportion liegen ebenfalls bei 3 bis 27 % (vgl. Tab. I B, II B, III B sowie Abb. 2, 3, 4).

Der Abstand des hinteren Endes der Ora serrata vom Limbus corneae wird für menschliche Augen mit 6,5 bis 8 mm angegeben (Lanz-Wachsmuth, 1979). Meist sind die Abstände nasal etwas kleiner als temporal. Thiel (1955) fand bei ähnlichen Messungen Werte zwischen 5,6 und 8,4 mm. Wie Stein (1932) konnte auch er feststellen, daß der Abstand Ora serrata-Limbus corneae nasal kleiner als temporal ist. Zusätzlich zeigten beide Autoren einen Zusammenhang des sagittalen Bulbusdurchmessers mit diesem Abstand auf. Danach besteht eine positive Korrelation zwischen den beiden genannten Größen. Gonin (1929) berichtete, daß die Entfernung des Limbus corneae von der Ora serrata bei Hyperopen etwa 1 mm kleiner, bei Myopen etwa 1 mm größer ist als bei Normalsichtigen. Demnach besteht

eine Abhängigkeit des Abstandes der Ora serrata vom Limbus corneae von der Achsenlänge des Bulbus und in gewisser Hinsicht auch von der Refraktion. Außerdem sind Unterschiede vorhanden je nachdem, ob die temporale oder die nasale Seite betrachtet wird. Bereits 1977 hat Fuchs an histologischen Schnitten normaler menschlicher Augen verschiedener Altersgruppen den Abstand zwischen vorderem Netzhautrand und dem Ansatz des Ziliarmuskels am Skleralsporn an menschlichen Bulbi gemessen. Er stellte Werte zwischen 3,5 und 5,25 mm fest. Unter seinem Untersuchungsmaterial befanden sich auch einige Augen, bei denen die Ora serrata temporal weiter nach vorne reichte als nasal. An Affen Augen liegen derartige Messungen bisher nicht vor.

Der Abstand der Ora serrata vom vorderen Ansatzpunkt des M. ciliaris lag in unserem Untersuchungsmaterial zwischen 2,2 und 6,1 mm (Tab. I B, II B, III B und Abb. 5). Signifikante Unterschiede zwischen Augen, bei denen die Messungen an Präparaten aus dem in Sektoren zerlegten vorderen Bulbusanteil durchgeführt wurden, und Augen, von denen Präparate des sagittal halbierten Bulbus dafür verwendet wurden, waren nicht festzustellen. Berücksichtigt man, daß an unserem Untersuchungsmaterial durch pharmakologische Beeinflussung extreme Kontraktions- bzw. Relaxationszustände des Ziliarmuskels hervorgerufen werden konnten, so sind die von Fuchs gefundenen Werte unseren

durchaus vergleichbar; in unserem Material zeigte sich jedoch eine größere Variationsbreite.

Die Feststellung von Helmholtz (1855), daß bei der Kontraktion des M. ciliaris das hintere Ende des Ziliarkörpers, mit welchem die Zonula eng zusammenhängt, nach vorne gezogen wird, wurde bereits von Hensen und Völckers (1868) durch experimentelle Untersuchungen an Hunde- und Affen Augen überprüft. Nach elektrischer Reizung des M. ciliaris konnten sie anhand der Bewegung von in die Choroida eingestochenen Nadeln in Äquatorhöhe eine Vorwärtsbewegung der Aderhaut um etwa 0,5 mm messen. Weiter hinten wurde die Längsverschiebung kleiner, in Höhe der Macula war keine Bewegung mehr festzustellen. Weiterhin bemerkten sie, "daß die Retina all diese Bewegungen mitmacht", indem sie Veränderungen der Retinagefäße bei der Ziliarmuskelkontraktion beobachteten. Diese Bewegungen beschrieb auch Czermak (1857). Meesmann (1952) hat dann an Katzenaugen sowie auch an einigen Menschenaugen durch Kaseinmarken die Verschiebungen des Ziliarkörpers nach elektrischer oder pharmakologischer Reizung des Ziliarmuskels analysiert. Er fand bei Menschenaugen eine Verlagerung der über der Ora serrata angebrachten Kaseinmarke nach vorne um etwa 0,24 mm. Dabei nimmt die Dicke der Choroida bis zur Fovea centralis allmählich ab. Auch durch Gonioskopie konnte unter dem Einfluß von Physostigmin (Eserin) eine "Bewegung des Ziliarkörpers als Ganzes" nach vorne registriert werden, ohne daß jedoch Aussagen über die Größe dieser

Verlagerungen vorhanden sind (Busacca, 1955, 1964). Iwanoff und Arnold (1874), Schultze (1899) und Merkel (1901) erwähnen, daß die Zonula bei Ziliarmuskelkontraktion an der Retina ziehe. Auch McCulloch (1954) kam bei seinen Untersuchungen über die Zonula zu der Auffassung, daß "wenn die Pars plana ciliaris sich bewegt, sie es als Ganzes tun muß". Da die Ora serrata aber die Stelle ist, an der die Netzhaut mit dem darunterliegenden Pigmentepithel eine sehr feste Bindung eingeht und gleichzeitig in das einschichtige, unpigmentierte Epithel der Pars plana übergeht, ist es sehr wohl denkbar, daß Bewegungen des vorderen Teils des Zonulaapparates zu Verschiebungen im Bereich der Pars plana führen. McCulloch schreibt dazu: "Bewegungen, die möglich sind zwischen der Retina und dem Pigmentepithel, zwischen dem Pigmentepithel und der Choriocapillaris, und Bewegungen der Zonula selbst, enden alle hier (an der Ora serrata). Schließlich bewegt sich dieses Fixationsgebiet selbst. Es ist fest mit dem Ziliarmuskel verbunden und mit dessen Kontraktion bewegt sich das ganze Gebiet auf den Skleralsporn zu. "Dieser Autor postulierte auch einen Zusammenhang zwischen Zonulazug und der Entwicklung von Netzhautablösungen. Pei und Smelser (1968) stellten fest, daß die vordere Begrenzung von Netzhautablösungen gewöhnlich an der Ora serrata liegt. Joussem und Spitznas (1972) erklären dies durch die feste Verbindung zwischen pigmentierten

und unpigmentierten Geweben der Retina wie auch des Ziliarkörpers auf Höhe des interretinalen oder interziliaren Kohäsionsbandes. Die Zonulafasern sind in der Membrana limitans interna der Pars plana verankert, über die ein fester Zusammenhalt mit den Zellen des unpigmentierten Epithels hergestellt wird, und die von der Pars plana retinae ohne Unterbrechung über die Ora serrata hinweg auf die Pars optica retinae übergeht (Probst und Leb, 1963; Missotten, 1964). Im Bereich der Pars plana kommen auch "Druckknopfbefestigungen" des Pigmentepithels an dem darunterliegenden Bindegewebe des Ziliarkörpers vor (Daiker, 1972). Dabei handelt es sich um kolbenförmige Ausstülpungen des Pigmentepithels zwischen die Maschen des elastischen Netzes der Bruch'schen Membran (Lütjen-Drecoll, 1982). Keil-, pilz- und fingerförmige Verflechtungen wurden auch zwischen den Epithelzellen von unpigmentiertem und pigmentiertem Epithel sowie auch zwischen dem Bindegewebe und dem Pigmentepithel am Übergang der Pars plicata in die Pars plana bis zum hinteren Abschnitt der Pars plana beschrieben." Diese Strukturen könnten als zusätzliche mechanische Verbindungen dienen, die das Gewebe festigen, wenn es während der Akkommodation unter Zug gerät." (Hara et al., 1977). Auch die Art der interzellulären Verbindungen der Zellen des unpigmentierten Epithels untereinander und der Zellen des unpigmentierten Epithels mit denen des Pigmentepithels durch Zonulae occludentes, Zonulae adhaerentes und Desmosomen in diesen

Gebieten, die nach Untersuchungen über die Zonula die Hauptverankerungsgebiete für die Spannfasern und für das hintere Ende der Zonula darstellen, spricht für eine vermehrte mechanische Belastung dieser Regionen (Rohen und Rentsch, 1969; Rentsch 1970; Ober und Rohen, 1979; Ober und Drecoll-Lütjen, 1979; Rohen, 1979).

Die Tatsache, daß in der Pars plana keine signifikanten Zellverschiebungen (Dehnungen oder Stauchungen) bei kontrahierten und relaxierten Ziliarmuskeln auftreten, sich aber die Strecke der schräggestellten Zellen des unpigmentierten Epithels in Ora-Nähe nach hinten verlagert (Zimmermann und Rohen, 1970), läßt sich durch die Festigkeit dieser Verbindungen erklären. Außer der durch vermehrten Zug der Zonula erreichbaren Schrägstellung der Zellen gibt es aber dann nur noch die Möglichkeit, daß "die Pars plana und mit ihr die Ora serrata als Ganzes" in Bewegung gerät (McCulloch, 1954). In rasterelektronenmikroskopischen Studien konnte gezeigt werden, daß bei kontrahierten Ziliarmuskeln der vordere Teil des Haltefasersystem entspannt ist, der hintere aber nicht (Erckenbrecht und Rohen, 1975). "Halte- bzw. Hauptfasersystem" und das "Spannfasersystem" verflechten sich innerhalb der Ziliartäler zum "Zonulaplexus". Durch diese Verflechtung ist es möglich, daß das Hauptfasersystem insgesamt einen der Bulbuskrümmung angepaßten, gebogenen Verlauf, von der Linse

durch die Ziliartäler und von da nach hinten bis zur Ora serrata zeigen kann, was bei einem einfachen unter Spannung stehenden Fasersystem ja nicht möglich wäre (Rohen, 1979 und 1980). Ein gebogener Verlauf wird auch von anderen Autoren postuliert, ohne jedoch eine Erklärung dafür geben zu können (Coleman, 1970; Bornfeld et al. 1974; Reich et al., 1975; Farnsworth und Burk, 1977). Bornfeld et al. (1974) haben zwei Gruppen von Zonulafasern beschrieben, die eine, von der Pars plana kommend zur Linsenvorderfläche, die andere in den Ziliartälern gelegen zur Linsenhinterfläche. Reich et al. (1975) sehen drei Einstrahlungszone der Zonula, die mit den von Rohen beschriebenen Hauptverankerungsgebieten der Zonula am Linsenrand, in der Pars plicata und der Pars plana corporis ciliaris übereinstimmen. Farnsworth und Burk (1977) teilen das Zonulafasersystem sogar in vier Gruppen ein, von denen zwei einen ununterbrochenen Verlauf von der Linse zur Pars plana haben sollen. Die beschriebenen Befunde über die Architektur des Zonulasytems sprechen grundsätzlich nicht gegen eine Mitbewegung der Ora serrata und der mit ihr verbundenen Gewebsformationen. Bei der nach vorne innen gerichteten akkommodativen Verlagerung der Haftstelle des Zonulaplexus in der Pars plicata, die durch die Verdickung des sich kontrahierenden Ziliarmuskels und durch den Zug der hinteren Ziliarmuskelsehnen an den elastischen Netzen der Chorioidea

zustande kommt, könnte durchaus auch die Pars plana mit dem hinteren Teil der Hauptfasern des Zonulaapparates und damit die Ora etwas nach vorne gezogen werden.

Araki et al. (1964) haben in der Tat bei Menschen Bewegungen der Ora serrata nach vorne festgestellt, indem sie den Ziliarmuskel elektrisch stimulierten und dabei endoskopisch Veränderungen im Bulbus beobachteten. Auch Coleman (1970), der ein auf die Analyse der hydraulischen Kräfte des Auges gestütztes Modell für die Akkommodation entwickelt hat, hält eine Vorwärtsbewegung der Ora serrata für gegeben. Weiterhin fand Enoch (1972), daß die Rezeptoren der Retina auf einen Punkt im Zentrum des Pupillenausgangs ausgerichtet sind. In diesem Zusammenhang untersuchte er den Einfluß der Akkommodation auf Position und Ausrichtung der Rezeptoren (1976). Er kam zu dem Ergebnis, daß während der Akkommodation die äußeren Teile der Rezeptoren etwas weiter nach vorne bewegt werden als die inneren. Daraus schloß er, daß mit der Akkommodation eine meßbare Dehnung der Retina wie auch der Chorioidea verbunden sein müsse. Optometrisch gelang Hollins (1974) der Nachweis, daß Fovea centralis und Papilla nervi optici bei der Akkommodation etwas auseinanderweichen. Er hat bei 9 D Akkommodationsbreite einen Unterschied von 1mm gemessen. Moses (1981) beobachtete bei Diaskleralbeleuchtung des Auges eine "Vorwärtsbewegung des Randes der sensitiven Retina" bei

der Akkommodation. Mittels Lichtdurchleuchtung konnte er auch eine Vorwärtsbewegung der Ora serrata um 0,05 mm pro Dioptrie (D) messen (der Rand der sensitiven Retina liegt etwas hinter der Ora serrata). Das ergibt bei einer Akkommodationsbreite von 14 D eine Verschiebung der Ora serrata um 0,7 mm nach vorne. Dieser in vivo bestimmte Wert zeigt gute Übereinstimmung mit der von uns an histologischen Präparaten von kontrahierten und relaxierten Ziliarmuskeln gefundenen mittleren Differenz von 0,79 mm.

In der vorliegenden Arbeit konnte erstmals an einem umfangreichen Material von Affenaugen deren Ziliarmuskel in verschiedenen Kontraktionszuständen fixiert worden war an histologischen Schnitten der Abstand zwischen vorderem Ziliarmuskelansatz und Ora serrata gemessen werden. Es zeigte sich, daß dieser Abstand in Schnitten mit kontrahierten Ziliarmuskeln, definiert anhand des Anteils der zirkulären Faserbündel, signifikant kürzer war als bei relaxierten Muskeln ohne zirkulären Anteil. Noch deutlicher werden diese Unterschiede, wenn man das Gesamtmaterial je nach der Muskelgröße in drei Gruppen aufgliedert. Diese Gruppeneinteilung ging von der Vorstellung aus, daß die Ziliarmuskelgröße auch die Bulbusgröße bis zu einem gewissen Grad widerspiegelt. Vergleicht man in jeder dieser drei Gruppen wiederum die Abstandswerte, die bei kontrahierten und nicht-kontrahierten Ziliarmuskeln gemessen wurden, so ergab sich auch hier in jeder Gruppe eine signifikante Verkürzung der in Frage stehenden Strecken bei den Präparaten mit kontrahierten Ziliarmuskeln gegenüber denjenigen mit re-

laxierten Ziliarmuskeln. Eine direkte mathematische Abhängigkeit des Abstandes Ora serrata- vorderer Ansatz des Ziliarmuskels vom Anteil der zirkulären Muskelportion konnte nicht nachgewiesen werden. (Korrelationsfaktor: $-0,64$). Es könnte sein, daß die zirkuläre Portion des Ziliarmuskels allein keinen ausreichenden Parameter für die Bestimmung des Kontraktionszustandes darstellt. Formunterschiede in der Zirkumferenz des Auges z.B., die nach noch nicht veröffentlichten Befunden von Lütjen-Drecoll und Maurer in der Struktur des vorderen Augensegmentes vorkommen und sich auf die Gestalt des Ziliarmuskels auswirken, könnten die Korrelation beeinflussen. Ähnliches gilt für die Einflüsse der Fixation oder Präparation, die zu kleineren Verschiebungen der Muskelbündel zwischen der retikulären und zirkulären Portion führen könnten. Eine Lokalisation des Quadranten aus dem der jeweilige Schnitt stammt, war bei dem vorliegenden Material leider nicht mehr möglich.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß bei *Cynomolgus*- Affen eine effektive Vorwärtsbewegung der Ora serrata in einer Größenordnung von $0,4 - 1,1$ mm bei maximaler Kontraktion des Ziliarmuskels vorkommt. Es ist denkbar, daß die strukturellen Veränderungen, die wir bei Langzeitbehandlung mit Miotika im Bereich der peripheren Netzhaut gefunden haben (cystoide Degeneration und ähnliches) auf die bei der Akkommodation auftretenden Zugbelastungen der Ora serrata zurückzuführen sind. Auch beim Menschen wird das Auftreten degenerativer und zystischer Ver-

änderungen in der peripheren Netzhaut seit langem mit der akkommodativen Belastung dieser Region in Zusammenhang gebracht. So beschreibt Moses (1981) einen Zusammenhang von cystoider Degeneration der Netzhautperipherie mit den Zugbeanspruchungen der Ora serrata bei der Akkommodation. Foos (1975) machte einen mit der Akkommodation zusammenhängenden zonulo-retinalen Zug für 6% der Fälle nicht traumatischer hinter der Ora gelegenen Risse verantwortlich. Nach Behandlung mit Phospholinjodid, das in der Glaukomtherapie eingesetzt wird und zu einer Ziliarmuskelkontraktion führt, treten Netzhautablösungen überzufällig häufig auf (Duke Elder 1967; Lemcke und Pischel, 1966). Untersuchungen über die Frage ob Netzhautrisse und Ablösungen im Zusammenhang mit der Gabe starker Miotika und des dadurch verursachten Zuges der Ora serrata nur in der vorgeschädigten oder auch in der normalen Haut vorkommen liegen noch nicht vor. Jedenfalls weist Scheppens (1983) darauf hin, daß es ratsam sei vor Gabe solcher Medikamente die Netzhaut auf periphere Schädigungen zu untersuchen.

Insgesamt gesehen sind jedoch die geweblichen Verschiebungen in der Ora-Region relativ gering, insbesondere wenn man sie mit den vorderen Bereich des Ziliarkörpers ablaufenden Gewebsverschiebungen vergleicht. Vermutlich existiert ein "Bewegungsgradient", der nach rückwärts kontinuierlich geringer wird. Die cystoide Degeneration der peripheren Netzhaut wird daher

wohl ein multifaktorielles Geschehen darstellen bei dem die akkommodativen Verschiebungen nur ein begünstigendes Moment sind. An der Tatsache geweblicher Verschiebungen im peripheren Bereich der Pars plana und der Ora serrata zumindest bei Cynomolgusaffen ist jedoch nicht zu zweifeln. Diese Befunde sollten daher bei der Diskussion über die gewebsmechanischen Veränderungen während der Akkommodation Berücksichtigung finden.

Zusammenfassung

An Schnittserien von 50 Affenbulbi deren Ziliarmuskeln durch pharmakologische Beeinflussung in verschiedenen Funktionszuständen fixiert werden konnten, wurde die Gesamtfläche des M. ciliaris, die prozentualen Anteile der longitudinalen, retikulären und zirkulären Muskelportion sowie der Abstand der Ora serrata vom vorderen Ansatz des Ziliarmuskels am Skleralsporn ermittelt. Es zeigte sich, daß bei kontrahierten Ziliarmuskeln der Abstand Ora serrata vom vorderen Ansatz des Ziliarmuskels signifikant kleiner ist als bei relaxierten Ziliarmuskeln. Dieses Ergebnis konnte durch die Einteilung des Untersuchungsmaterials in drei Gruppen nach der Ziliarmuskelfläche noch verdeutlicht werden. In den drei Gruppen lag der Unterschied für den gemessenen Abstand an kontrahierten und relaxierten Ziliarmuskeln zwischen 0,4 und 1,1 mm. Die Tatsache geweblicher Verschiebungen im peripheren Bereich der Pars plana und der Ora serrata sollte in die Diskussion über die gewebsmechanischen Veränderungen während der Akkommodation eingehen.

L I T E R A T U R

1. Araki, M., Tokoro, T., Matsuo, C.: Movement of the ciliary body associated to accommodation. Acta Soc. Ophthalmol. Jap. 68: 1852-1857 (1964)
2. Bornfeld, N., Sitznas, M., Breipohl, W., Bijvank, G.J.: Scanning electron microscopy of the zonule of Zinn. Albrecht van Graefes Arch. klin. Ophthal. 192: 177-129 (1974)
3. Busacca, A.: Biomicroscopie et histologie de l'oeil. Vol II. Schweizer Druck und Verlagshaus AG, Zürich (1964)
4. Busacca, A.: La physiologie du muscle ciliaire étudiée par la gonioscopie. Annales Oculaires 188: 1-21 (1955)
5. Colemann, D.J.: Unified model for accommodative mechanism. Am. J. Ophthalmol. 69: 1063-1079 (1970)
6. McCulloch, C.: The zonule of Zinn: its origin, course and insertion, and its relation to neighbouring structures. Trans. Amer. Ophthalmol. Soc. 52: 525-585 (1854)
7. Czernak, F.: Über das Akkommodationsphosphen. Wiener Sitzungsbericht (1857)
8. Daicker, B.: Anatomie und Pathologie der menschlichen retinociliären Fundusperipherie. Karger, Basel-New York (1972)

9. Davson, H.: The Eye, Vol 3 : Muscular Mechanisms S. 217-254 Academic Press, New York-San Francisco-London (1969)
10. Duke, Elder.: System of Ophthalmol., Vol II.: The Anatomy of the visual System, S. 156 ff., Henry Kimpton, London (1971)
11. Enoch, I.M.: Retinal stretch and accomodation. Current Concepts in Ophthalmology, B 5, S. 59-78, Mosby, St. Louis (1976)
12. Enoch, I.M.: Retinal receptor orientation and the role of fiber optics in vision. Am. J. Optom. 49, S.455 (1972)
13. Erckenbrecht, J.F., Rohen, J.W.: Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen über den Zonulaapparat höherer Primaten als weiterer Beitrag zu einer neuen Akkommodationstheorie. Albrecht van Graefes Arch. klin. Exp. Ophthalmol. 193, 19-32 (1975)
14. Farnsworth, P.N., Burke, P.: Three dimensional architecture of suspensory apparatus of the lens of the rhesus monkey. Exp. Eye Research, 25 S. 563-576 (1977)
15. Ferner, H. (Hrsg.): Benninghof-Goerttler: Lehrbuch der Anatomie des Menschen, Band 3: Nervensystem Haut Sinnesorgane, Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore (1977)
16. Fincham, E.F.: The mechanism of accomodation, British J. Ophthalmol. Suppl. 8, 1-80 (1937)

17. Foos, R.Y.: Tears of peripheral Retina, Pathogenesis, Incidence and Classification in Autopsy Eyes, in : New Research on the Aetiology and Surgery of Retinal Detachment, Mod. Probl. Ophthal., Vol 15, Karger, Basel (1975)
18. Fuchs, E.: Arch. f. Ophthalmol 93, 1 (1917), zit. nach Thiel
19. Gonin, J.: Verslg. d. Dtsch. Ophthalmol. Ges. Heidelberg 47. Sitzung s.46 (1929), zit. nach Thiel
20. Graefe, A.v.: Pathologisches zur Akkommodationslehre.
Albrecht van Graefes Arch. f. Ophthalmol 2, S. 299 (1855)
21. Gullstrand, A.: Wie ich den intrakapsulären Akkommodationsmechanismus fand. Arch. Augenheilkunde 72 S. 169-190 (1912)
22. Hara, K., Lütjen-Drecoll, E., Prestele, H., Rohen, J.W.:
Structural differences between regions of the ciliary body in primates. Invest. Ophthol. 16, No. 10, S. 912-924 (1977)
23. Heine, L.: Die Anatomie des Akkommodierten Auges. Albrecht van Graefes Arch. Ophthalmol. 49, S. 1-8 (1900)
24. Helmholtz, H.v.: Über die Akkommodation des Auges. Albrecht van Graefes Archiv für Ophthalmol 1, II, 1-74, Berlin (1855)
25. Helmholtz, H.v.: Handbuch der Physiol. Optik, 3. Auflage, Hrsg.: Gullstrand, A., Kries, I.v., Nagel, W., Leopold Voss, Hamburg-Leipzig (1909)

26. Hensen, V., Völckers, C.: Experimentaluntersuchung über den Mechanismus der Akkommodation. Kiel (1868)
27. Hervouet, F., Ertus, M.: Les structures oculaires au microscope à balayage - Scanning Electron microscopy studies of the eye structures. Paris, Masson (1973)
28. Hess, C., v. : Akkommodation. Ed. 3, Graefe-Saemisch Handbuch, Band 12, S. 250, Engelmann, Leipzig (1910)
29. Hocquard, E.: Physiologie, anatomie et pathologie de l'appareil accommodateur. Bull. de l'Acad. de Med., 21 S. 879 Paris (1889)
30. Hogan, M., I., Alvaredo, I., A., Esperson-Weddell, I.: Histology of the human eye. An atlas and textbook. Saunders Comp., Philadelphia-London-Toronto (1971)
31. Hollins, M.: Does the central human retina stretch during accommodation? Nature 251, S. 729 (1974)
32. Iwanoff, A.: Anatomie und Physiologie des Uvealtractus und der Linse Graefe-Saemisch Handbuch, Bd. 1, S. 265-318, Berlin, Julius Springer (1874)
33. Joussen, F., Spitznas, M.: The fine structure of the human retina at the ora serrata. Albrecht van Graefes Arch. klin. exp. Ophthalmol. 185 S. 177-188 (1972)

34. Kaufmann, P.L., Rohen. J.W., Barany, E.H.: Hyperopia and loss of accommodation following ciliary muscle disinsertion in the cynomolgus monkey: Physiologic and Scanning electron microscopic studies. Invest. Ophth. Vis. Sci. 18 Nr. 7 S. 665-673 (1979)
35. Lanz, T.v., Wachsmuth, W.: Praktische Anatomie. 1.Bd. 1. Teil: Kopf. Teil B: Gehirn und Augenschädel von J. Lang, Springer, Berlin-Heidelberg-New York (1979)
36. Lemcke, H.H., Pischel, D.K.: Retinal Detachment after the use of phospholine iodide. Transaction of the Pac. Coast Otoophthalmol. Soc. 47 S. 157 (1966)
37. Lütjen-Drecoll, E.: Functional Morphology of the Ciliary Epithelium, in Basic Aspects of Glaucoma Research, F.K. Schattauer, Stuttgart-New York (1982)
38. Lütjen-Drecoll, E., Kaufmann, P.L.: Echothiophate induced structural alterations in the anterior chamber angle of the Cynomolgus Monkey. Invest. Ophthalmol. and Vis.Sci. Vol 18, No.9, S.918-929 (1979) und nicht veröffentlichte Ergebnisse
39. Lütjen, E.: Histometrische Untersuchungen über den Ziliarmuskel der Primaten. Albrecht van Graefes Arch. klin. exp. Ophthalmol. 171: S. 121 (1966)
40. Meesman, A.: Experimentelle Untersuchungen über die antagonistische Innervation der Ziliarmuskulatur. Albrecht van Graefes Arch. Ophthalmol. 152 S. 335-356 (1952)

41. Merkel, F.: Makroskopische Anatomie, III Bulbus, Graefe-Saemisch Handbuch, Engelmann, Leipzig (1901)
42. Missotten, L.: L'ultrastructure des tissus oculaires. Bull.Soc.Belg. Ophthalmol. 136, S. 115-135 (1964)
43. Moses, R.A.: Accomodation, in Adler's Physiology of the Eye. Ed. 7, Moses R.A. Editor, the C.V. Mosby Company, St. Louis-Toronto-London (1981)
44. Mütze, K.: Die Akkommodation des Menschl. Auges, Akademie-Verlag, Berlin (1956)
45. Naumann, G.O.H.: Pathologie des Auges, in: Spezielle pathologische Anatomie. Band 12, Hrsg.: Dörr, Seifert, Dres. Springer, Berlin-Heidelberg-New York (1980)
46. Nicolai, C.: Der Mechanismus der Akkommodation, eine neue Theorie. Kliën Mbl.f. Augenheilkunde 94 S. 617 (1935)
47. Ober, M., Drecolll-Lütjen, E.: Morphologische und funktionelle Unterschiede im Ziliarkörper des Primaten. Ber.Dtsch.Ophthlml. Ges. 76 ,605-607, Heidelberg (1979)
48. Ober, M., Rohen, J.W.: Regional differences in the fine structure of the ciliary epithelium related to accomodation . Invest.Ophthalmol. Vis.Sci. Vol. 18 Nr. 7 S. 655-664 (1979)

49. Pei, Y.F., Smelser, G.K.: Some fine structural features of the Ora serrata region in Primate Eyes. Invest. Ophthalmol. Vis.Sci. Vol 7, S. 672-688 (1968)
50. Pflugck, A.v.: Neue Wege zur Erforschung der Akkommodation. Albrecht van Graefes Arch. Ophthalmol. 133, 339-351 (1935)
51. Pflugck, A.v.: Sind im Auge die anatomischen Grundlagen für eine Akkommodation im Sinne der Helmholtz'schen Theorie gegeben? Klin.Mbl. Augenhk. 92, S. 445 (1934)
52. Probst, A., Leb, D.: Elektronenmikroskopische Untersuchungen über die Verankerung der Zonula. Albrecht van Graefes Arch.klin.exp. Ophthalmol. 166 S. 152-165 (1963)
53. Reich, M., Roll, P., Hoffmann, H. et al.: Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen des vorderen Augenabschnittes mit besonderer Berücksichtigung des Verlaufs der Zonula Zinnii. Albrecht van Graefes Arch. klin. Ophthalmol. 195 S. 271-283 (1975)
54. Rentsch, F.J.: Elektronenmikroskopische Untersuchungen über die intercellulären Verbindungen des unpigmentierten Ziliarepithels in den Hauptverankerungsgebieten des Zonulaapparates. Albrecht van Graefes Arch. klin. Ophthalmol. 180: S. 113-133 (1970)
55. Rohen, J.W.: Zur fkt. Morphologie des Akkommodationsapparates. (Raster und transmissionselektronenmikroskopische Untersuchungen über Zonula und Ziliarepithel). Verh. Anat. Ges. 74, S. 631-632 (1980)

56. Rohen, J.W.: Scanning electron microscopic studies of the zonular apparatus in human and monkey eyes. Invest. Ophthalm. and Vis. Sci. Vol. 18 Nr. 2 S. 133-144, St. Louis (1979)
57. Rohen, J.W.: Morphologie und Embryologie des Sehorgans. In: Augenheilkunde in Klinik und Praxis. Bd. 1, Thieme, Stuttgart (1978)
58. Rohen, J.W., Rentsch, F.J.: Der konstruktive Bau des Zonulaapparates beim Menschen und dessen funktionelle Bedeutung - Morphologische Grundlagen für eine neue Akkommodationstheorie. Albrecht van Graefes Arch. klin. exp. Ophthalmol. 178, 1.19 (1969)
59. Rohen, J.W.: Die funktionelle Gestalt des Auges und seiner Hilfsorgane. Abh. Mainzer Akad. d. Wiss. math. nat. Kl. H. 4, F. Steiner, Wiesbaden (1964)
60. Rohen, J.W.: Das Auge und seine Hilfsorgane. In: Handbuch der mikroskop. Anat. des Menschen. Hrsg.: Möllendorf, Bargmann. Band III/4. Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg-New York (1964 a)
61. Rohen, J.W.: Anatomie des Auges. In: Der Augenarzt Bd. I, Thieme (1958)
62. Rohen, J.W.: Der Ziliarkörper als funktionelles System. Gegenbauers Morphol. Jahrb. Bd. 92, Heft 3, S. 415-440 (1951)
63. Salzmann, M.: Anatomie und Histologie des menschlichen Augapfels. Franz Deuticke, Wien (1912)

64. Salzmann, M.: Die Zonula ciliaris und ihr Verhältnis zu Umgebung.
Eine anatomische Studie. Deuticke, Wien.Leipzig (1900)
65. Scheppens, C.L.: Retinal Detachment and allied Diseases. Vol. 1. W.B.
Saunders Company, Philadelphia-London-Toronto-Mexico City-Rio
de Janeiro-Sydney-Tokio (1983)
66. Schoen, W.: Der Akkommodationsmechanismus. Arch.f.d. ges. Physiologie
59 (1895)
67. Schoen, W.: Funktionskrankheiten der Ora serrata und des Ziliarteiles
der Netzhaut. Arch. Augenhk. 30 S. 128 (1895)
68. Schoen, W.: Überanstrengung der Akkommodation und deren Folgezustände.
Arch. Augenhk. 17 : 1, (1886/87)
69. Schultze, O.: Mikroskopische Anatomie der Linse und des Strahlen-
bändchens. Graefe-Saemisch Handbuch, Julius Springer, Berlin (1899)
70. Stein, R.: Beiträge zur Topographie der Ora serrata und des orbiculus
ciliaris. Arch. Augenhk. 106, w. 145-184 (1932)
71. Stilling, J.: Über den Mechanismus der Akkommodation. Ztschr.f. Augenhk.
25 S. 15-27 (1911)
72. Thiel, H.L.: Zur topographischen und histologischen Situation der
Ora serrata. Albrecht van Graefes klin.exp. Ophthalmol.156,
S. 590-629 (1955)

73. Tscherning, M.v.: Recherches sur les changements optiques de l'oeil pendant l'accomodation. Arch. de Physiol. norm. et path. 7, S. 158 (1895)
74. Tscherning, M.v.: H.v. Helmholtz et la theorie de l'accomodation. Paris Octave Doin (1909)
75. Zimmermann, A., Rohen, J.W.: Histometrische Untersuchungen über das Ziliarepithel von Primaten bei verschiedenen Kontraktionszuständen des Ziliarmuskels. Albrecht van Graefes Arch. klin.exp. Ophthal. 179, S. 294-301 (1970)
76. Zinn, J.G.: Descriptio Oculi Humani Iconibus illustrata. Abrami Vandenhoeck S. 128-134 Goettingae (1755)

Tabellarischer Anhang

Tab. I A Meßwerte für Muskeln mit großer Gesamtfläche
(> 7 000 mm²)

Nr.	Muskelfläche bei 74-facher Vergrößerung					
	insgesamt	longitudinaler	retikulärer	cirkulärer	Abstand Ora serrata - vorderer Ansatzpunkt in mm	
	in mm ²	Anteil in mm ²	Anteil in mm ²	Anteil in mm ²		
a) kontrahierte Mm. ciliares						
1	7035,4	3210,1	2815,8	1009,5		218,6
10	8696,5	4685,4	3363,3	649,8		304,2
12	9049,0	4158,7	4600,7	289,5		461,5
30	7060,1	3414,9	2744,4	900,7		196,5
32	7725,7	3368,5	3895,8	461,3		266,8
33	7650,1	4451,7	2591,9	606,4		325,9
34	7354,2	4350,9	2747,8	255,5		304,4
45	7440,7	4169,1	2258,0	1013,6		262,5
46	7323,1	3913,7	2999,2	409,7		208,5

b) nicht kontrahierte Mm. ciliares

22	7210,0	4115,4	3094,6	-----	344,2
25	8551,5	6218,9	2332,6	-----	339,5
26	8792,2	4026,9	4770,3	-----	409,3

Tab. I B Errechnete Werte für Muskeln mit großer Gesamtfläche
(7 000 mm²)

Nr.	Anteile der getroffenen Muskelareale in % der Gesamtfläche	Abstand Ora serrata - vorderer Ansatzpunkt in mm (ohne Vergrößerung)
	longitudinal retikulär	cirkulär
a) kontrahierte Mm. ciliares		
1	45,00	14,30
10	53,86	7,4
12	45,95	3,21
30	48,36	12,76
32	43,6	5,98
33	58,19	7,93
34	59,16	3,48
45	56,03	13,63
46	53,44	5,6
		2,95
		4,11
		6,23
		2,65
		3,6
		4,4
		4,1
		3,54
		2,81
b) nicht kontrahierte Mm. ciliares		
22	57,08	----
25	72,72	----
26	45,8	----
		4,65
		4,58
		5,53

Tab. II A Maßwerte für Muskeln mit mittelgroßer Gesamtfläche

(5 000 - 7 000 mm²)

Nr	Muskelfläche bei 74-facher Vergrößerung					
	insgesamt in mm ²	longitudinaler Anteil in mm ²	retikulärer Anteil in mm ²	circulärer Anteil in mm ²	Abstand Ora serrata - - vorderer Ansatzpunkt in mm	
a) kontrahierte Mm. ciliares						
2	5486,0	891,7	3821,8	772,5	241,7	
3	6885,6	2587,8	4088,8	208,9	269,2	
5	6366,7	--	6064,9	301,8	225,6	
6	5890,5	2024,0	3422,7	443,9	261,5	
23	5065,6	2902,3	1966,7	196,7	458,6	
27	5046,3	2865,7	1763,7	416,9	230,6	
29	6113,3	3278,0	2446,8	388,5	298,2	
35	6489,2	4123,0	2097,1	269,1	311,1	
37	5050,3	2447,6	1998,0	604,7	269,0	
38	5513,3	3098,0	1956,1	459,0	324,6	
40	5692,0	2846,6	2132,6	712,8	274,8	
42	5655,6	2498,9	2287,0	832,9	193,5	
43	5199,7	2630,3	1673,7	895,3	161,3	
44	5126,2	2020,2	1773,6	1332,4	191,2	
47	6299,2	2613,7	2473,1	1212,4	240,9	
49	6388,4	2990,5	2015,0	1382,9	270,3	
b) nicht kontrahierte Mm. ciliares						
4	5567,4	1203,3	4364,1	---	282,3	
9	6217,8	1992,4	4225,1	---	279,3	
14	5052,7	3280,7	1772,0	---	396,2	
17	6353,6	3396,5	2957,1	---	362,6	
24	5395,7	3800,8	1594,9	---	308,2	
28	5592,9	3196,3	2396,6	---	319,5	
31	5870,8	2760,3	3110,4	---	319,1	
36	5944,8	2019,1	3925,7	---	368,8	

Tab II. B Errechnete Werte für Muskeln mit mittelgroßer Gesamtfläche
(5 000 - 7 000 mm²)

Nr.	Anteile der getroffenen Muskelareale in % der Gesamtfläche	Abstand Ora serrata - vorderer Ansatzpunkt in mm (Ohne Vergrößerung)
	longitudinal	
	retikulär	cirkulär
a) kontrahierte Mm. ciliares		
2	16,2	14,2
3	37,5	3,2
5	---	4,0
6	34,3	7,7
23	57,29	3,89
27	56,78	8,27
29	53,62	6,35
35	59,82	4,15
37	48,46	11,98
38	56,19	8,33
40	50,01	12,53
42	44,18	14,72
43	50,58	17,22
44	39,41	26,0
47	41,49	19,25
49	46,81	21,65
b) nicht kontrahierte Mm. ciliares		
4	21,0	---
9	32,0	---
14	63,5	---
17	53,45	---
24	70,44	---
28	57,15	---
31	47,01	---
36	66,03	---
	79,0	3,81
	68,0	3,77
	36,5	5,35
	46,55	4,9
	29,56	4,16
	42,85	4,3
	52,99	4,31
	33,97	4,84

Tab. III A Meßwerte für Muskeln mit kleiner Gesamtfläche
(3 000 - 5 000 mm²) 2)

Nr.	Muskelfläche bei 74-facher Vergrößerung					
	insgesamt in mm ²	longitudinaler Anteil in mm ²	retikulärer Anteil in mm ²	cirkulärer Anteil in mm ²	Abstand Ora serrata - vorderer Ansatzpunkt in mm	
a) kontrahierte Mm. ciliares						
11	4509,5	1443,7	2931,3	144,5	375,7	
18	4484,3	2781,9	1388,3	314,1	282,6	
20	3959,6	1873,1	1939,5	147,0	286,4	
21	3876,1	2043,4	1691,0	141,7	332,2	
41	4138,5	1957,0	1041,4	1134,6	195,7	
50	4612,7	2013,3	1423,3	1176,1	173,8	
b) nicht kontrahierte Mm. ciliares						
7	4216,6	3068,0	1148,6	----	318,1	
8	3666,6	2133,4	1533,2	----	324,6	
13	4360,2	1683,9	2676,2	----	329,7	
15	3285,1	1459,4	1825,7	----	266,5	
16	3975,3	2608,5	1366,9	----	373,3	
19	4214,1	2448,6	1765,5	----	294,6	
39	4009,1	2671,0	1338,1	----	253,6	
48	4659,0	3456,6	1202,6	----	389,5	

Tab. III B Errechnete Werte für Muskeln mit kleiner Gesamtfläche
(3 000 - 5 000 mm²)

Nr. Anteile der getroffenen Muskelareale in % der Gesamtfläche
longitudinal retikulär cirkulär

Abstand Ora serrata -
vorderer Ansatzpunkt in mm
(ohne Vergrößerung)

a) kontrahierte Mm. ciliares

11	31,79	65,0	3,03	5,07
18	62,03	29,48	7,0	4,81
20	47,3	48,88	3,71	3,87
21	52,7	43,6	3,65	4,49
41	47,28	25,16	27,46	2,64
50	43,64	30,86	25,5	2,36

b) nicht kontrahierte Mm. ciliares

7	72,7	27,3	---	4,29
8	58,1	41,9	---	4,38
13	38,61	61,39	---	4,45
15	44,42	55,58	---	3,6
16	65,61	34,39	---	5,05
19	58,1	41,9	---	3,98
39	66,62	33,38	---	3,42
48	74,18	25,82	---	5,26

Tab. IV Vergleich der Abstände Ora serrata - vorderer Ansatzpunkt des
M. ciliaris in kontrahiertem und nicht kontrahiertem Zustand
bei Muskel mit großer Gesamtfläche (7000 mm²)

Kontrahierte Mm. ciliares		nicht kontrahierte Mm. ciliares	
Nr.	Abstand (mm)	Nr.	Abstand (mm)
1	2,95	22	4,65
10	4,11	25	4,58
12	6,23	26	5,53
30	2,65		
32	3,60		
33	4,40		
34	4,10		
45	3,54		
46	2,81		

n = 9

$\bar{x}_1 = 3,82 \text{ mm}$

n = 3

$\bar{x}_2 = 4,92$

$$d = \bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 1.10 \text{ mm}$$

Tab. V Vergleich der Abstände Ora serrata - vorderer Ansatzpunkt des
M. ciliaris in kontrahiertem und nicht kontrahiertem Zustand
bei Muskeln mit mittlerer Gesamtfläche (5.000 - 7.000 mm²).

kontrahierte Mm. ciliares		nicht kontrahierte Mm. ciliares	
Nr.	Abstand (mm)	Nr.	Abstand (mm)
2	3,26	4	3,81
3	3,63	9	3,77
5	3,04	14	5,35
6	3,53	17	4,9
23	6,19	24	4,16
27	3,11	28	4,3
29	4,02	31	4,31
35	4,20	36	4,84
37	3,63		
38	4,38		
40	3,71		
42	2,61		
43	2,17		
44	2,58		
47	3,25		
49	3,65		

n = 16

$\bar{x}_1 = 3,56 \text{ mm}$

n = 8

$\bar{x}_2 = 4,43 \text{ mm}$

$$d = \left| \bar{x}_1 - \bar{x}_2 \right| = 0,87 \text{ mm}$$

Tab. VI Vergleich der Abstände Ora serrata - vorderer Ansatzpunkt des
M. ciliaris in kontrahiertem und nicht kontrahiertem Zustand
bei Muskeln mit kleiner Gesamtfläche (3.000 - 5.000 mm²).

kontrahierte Mm. ciliares

nicht kontrahierte Mm. ciliares

Nr.	Abstand (mm)	Nr.	Abstand (mm)
11	5,07	7	4,29
18	4,81	8	4,38
20	3,87	13	4,45
21	4,49	15	3,6
41	2,64	16	5,05
50	2,36	19	3,98
		39	3,42
		48	5,26

$$\begin{aligned} n &= 6 \\ \bar{x}_1 &= 3,87 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= 8 \\ \bar{x}_2 &= 4,30 \end{aligned}$$

$$d = \left| \bar{x}_1 - \bar{x}_2 \right| = 0,43 \text{ mm}$$

D A N K S A G U N G

An dieser Stelle möchte ich Frau Prof. Dr. med. E. Drecolt - Lütjen für die Überlassung des Themas und die liebenswürdige Betreuung bei der Durchführung meiner Arbeit herzlich danken. Herrn Prof. Dr. med. Dr. med. h.c. J. W. Rohen danke ich sehr dafür, daß er mir die Möglichkeit gab, die Arbeit an seinem Institut anzufertigen. Auch den Mitarbeitern des Instituts, die mir bei der Fertigstellung der Arbeit ihre Hilfe gewährten besonders Frau David - Kreiss, Frau Pantel, Frau Speckter und Frau Wittek, danke ich herzlich dafür.

LEBENS LAUF

Am 15.5.1957 wurde ich als drittes Kind des Prof. Dr. med. H. Maurer und der Dr. phil. E. Maurer - Rothenberger in München geboren. Meine Schulausbildung begann ich 1964 an der "Sonnenfeldschule" in Homburg/Saar. Dort besuchte ich auch ab 1967 das "Staatliche Saar - Pfalz - Gymnasium", wo ich im Mai 1976 die Reifeprüfung ablegte. Anschließend begann ich das Medizinstudium im Studienjahr 1976/77 an der "Université Claude - Bernard", Lyon, Frankreich. Von dort wechselte ich im Wintersemester 1977/78 an die "Friedrich - Alexander - Universität Erlangen - Nürnberg", wo ich im März 1979 die Ärztliche Vorprüfung bestand. Nach bestandener Ärztlicher Prüfung am 20.4.1983 wurde mir am 3.5.1983 die Approbation als Arzt erteilt. Seit dem 16.5.1983 bin ich als Assistent am Institut für Anatomie der Universität Erlangen - Nürnberg beschäftigt.

